

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Spolehlivost spínacích přístrojů nn**  
LV switching apparatus reliability

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Libor Machů**  
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**  
Studijní obor: **3907R001 Elektroenergetika**  
Téma: **Spolehlivost spínacích přístrojů nn  
LV switching apparatus reliability**

Zásady pro vypracování:

1. Definujte pojem spolehlivosti - s orientací na spínací přístroje nn používané v bytovém rozvodu.
2. Realizujte výběr spínačů pro domácí spotřebiče a možnosti ověřování jejich spolehlivosti.
3. Na vybraném vzorku realizujte experimentální měření.
4. Proveďte rozbor dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.  
děkan fakulty

## Poděkování

*Za podnětné myšlenky, odborné rady i kritické připomínky při zpracování bakalářské práce a studiu problematiky Elektrických přístrojů děkuji Ing. Zdeňku Hytkovi, CSc. Dále chci poděkovat Ing. Karolimu z SEZ Krompachy a.s. za poskytnutí archivních materiálů a zejména rodičům a mé rodině za podporu, kterou mě věnovali v průběhu celého studia.*

## Prohlášení

***„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“***

Datum odevzdání: 07. 05. 2010

podpis:.....

Machů Libor

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se v teoretické části věnuje problematice spolehlivosti spínacích přístrojů nízkého napětí. Jsou zde uvedeny základní pojmy spínacích přístrojů nn, je zde proveden funkční rozbor spínacích přístrojů nn, jejich konstrukční členění a dále je zde uveden výčet druhů spínacích přístrojů. Závěrem této práce je část praktická, která na jističi měřením a srovnáním s parametry jiného jističe ověřuje parametry, z nichž vyhodnocuji již zmíněnou spolehlivost.

## **Klíčová slova**

Spolehlivost, Spínač, Jistič, Kontakty, Stykový odpor, Ztrátový výkon, Vypínací charakteristika

## **Abstract**

The theoretical part attends the low voltage switching devices reliability. There are listed the fundamental terms of low voltage switching devices here, the functional analysis of switching devices and their structural classification are followed. I am applying myself to a task of electric arc as well, further, the list of switching device sorts follow.

The practical part summarises the fine of the abstract, where I analyse the reliability through the braker measurement of and comparison to other braker parameters.

## **Key Words**

Reliability, Switch, Circuit braker, Contacts, Contact resistance, Power dissipation, Time-current characteristic

## Seznam použitých symbolů a zkratek

<b>AC</b>	Střídavý proud	
<b>ASŘ TP</b>	Automatizovaný systém řízení technologických procesů	
<b>ČSN</b>	Česká technická norma	
<b>EN</b>	Evropská norma	
<b>ESČ</b>	značka vyjadřuje shodu s českou elektrotechnickou normou.	
<b>ESS</b>	značka vyjadřuje shodu se slovenskou elektrotechnickou normou.	
<b>F</b>	Síla	[N]
<b>f</b>	Frekvence	[Hz]
<b>I</b>	Elektrický proud	[A]
<b>I<sub>a</sub></b>	Proud oblouku	[A]
<b>I<sub>cn</sub></b>	Podmíněný zkratový proud	[A]
<b>I<sub>N</sub></b>	Jmenovitý proud	[A]
<b>I<sub>th</sub></b>	Jmenovitý tepelný proud	[A]
<b>I<sub>Δ</sub></b>	Reziduální proud	[A]
<b>I<sub>Δn</sub></b>	Jmenovitý reziduální proud	[A]
<b>IEC</b>	Mezinárodní elektrotechnická komise	
<b>IP</b>	Krytí elektrických zařízení	
<b>ISO</b>	Mezinárodní organizace pro normalizaci	
<b>L<sub>1</sub></b>	Fáze 1	
<b>L<sub>2</sub></b>	Fáze 2	
<b>L<sub>3</sub></b>	Fáze 3	
<b>N</b>	Střední vodič	
<b>nn</b>	Nízké napětí	
<b>R</b>	Elektrický odpor	[Ω]
<b>R<sub>p</sub></b>	Přechodový odpor	[Ω]
<b>R<sub>s</sub></b>	Stykový odpor	[Ω]
<b>STN</b>	Slovenská technická norma	
<b>t<sub>1</sub></b>	Čas 1	[s]

$t_2$	Čas 2	[s]
$U$	Elektrické napětí	[V]
$U_a$	Napětí oblouku	[V]
$U_f$	Napětí fázové	[V]
$U_i$	Jmenovité izolační napětí	[V]
$U_K$	Napětí na kontaktech	[V]
$U_s$	Napětí síťové	[V]
$U_{SM}$	Napětí měknutí	[V]
$U_{SS}$	Napětí svaření	[V]
$U_{ZN}$	Zotavené napětí	[V]
$V$	Voltmetr	
<b>VDE</b>	značka vyjadřuje shodu s německou elektrotechnickou normou.	
<b>VŠB TU</b>	Vysoká škola báňská Technická univerzita	
$Z$	Impedance	[Ω]
$\Delta P$	Ztrátový výkon	[W]

# Obsah

Úvod.....	8
<b>1. Spolehlivost spínacích přístrojů nn .....</b>	<b>9</b>
1.1 Obecně o problematice jakosti a spolehlivosti .....	9
1.2 Definice a výklad pojmu spolehlivost .....	9
1.3 Přístup ke kvantitativnímu hodnocení spolehlivosti .....	10
1.3.1 Pojem poruchy, třídění poruch .....	10
1.3.2 Neobnovované a obnovované objekty .....	12
1.3.3 Ukazatele spolehlivosti .....	12
1.3.4 Ukazatele bezporuchovosti.....	13
1.3.5 Ukazatele životnosti .....	14
1.3.6 Ukazatele bezpečnosti .....	14
1.3.7 Ukazatele skladovatelnosti .....	14
1.3.8 Ukazatele opravitelnosti .....	14
1.4 Vliv provozních podmínek a dalších faktorů na ukazatele spolehlivosti neobnovovaných objektů .....	14
1.5 Zkoušky spolehlivosti .....	15
1.6 Význam, druhy a příprava zkoušek spolehlivosti .....	15
1.7 Vliv lidského faktoru na spolehlivost systémů.....	16
<b>2. Spínače domácích spotřebičů .....</b>	<b>17</b>
2.1 Základní pojmy .....	17
2.2 Funkční rozbor spínacího přístroje.....	17
2.2.1 Funkční stavy .....	17
2.3 Konstrukční členění.....	17
2.3.1 Základní díly vypínače .....	17
2.4 Provedení přístrojů dle provozních podmínek a vnějších vlivů .....	18
2.4.1 Všeobecně .....	18
2.4.2 Provozní podmínky .....	19
2.4.3 Vnější vlivy .....	19
2.5 Elektrické kontakty spínacích přístrojů .....	19
2.6 Druhy spínacích přístrojů .....	20
2.6.1 Vypínače .....	20
2.6.2 Jističe.....	22
2.6.3 Pojistky .....	25
2.6.4 Stykače .....	27
2.7 Ověřování spolehlivosti spínacích přístrojů nn .....	28
<b>3. Experimentální měření vybraného vzorku .....</b>	<b>29</b>
3.1 Cíl měření.....	29
3.2 Podmínky měření .....	29
3.3 Popis a schéma zapojení.....	29
3.4 Způsob a podstata měření.....	29
3.5 Technické údaje a naměřené hodnoty jističů .....	30
<b>4. Rozbor dosažených výsledků.....</b>	<b>32</b>
<b>Závěr.....</b>	<b>33</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>34</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>35</b>



## Úvod

Současná společnost se více než v předchozích desetiletích stále více obklopuje výrobky, které zvyšují komfort života. Samozřejmě se stoupající tendencí pořizování těchto předmětů, stoupají i nároky na ně kladené. V oblasti elektrotechniky se tyto nároky kladou v první řadě na **bezpečnost a spolehlivost** jednotlivých elektrických spotřebičů a přístrojů. Zvyšující se energetické nároky těchto spotřebičů a samozřejmě pokrok ve znalostech elektrotechniky ruku v ruce zvyšuje požadavky i na spínací přístroje používané v těchto rozvodech.

Spolehlivostí, která je hlavní osou této práce, se budu zabývat jak z pohledu teoretického, tak z pohledu praktického a to měřením na starším typu jističe a jeho srovnáním s jističem současným. Dále zde bude uveden výběr spínačů pro domácí spotřebiče.

Smyslem této práce je pohled na spínací přístroje bytového rozvodu z hlediska jejich spolehlivosti.

# 1. Spolehlivost spínacích přístrojů nn

## 1.1 Obecně o problematice jakosti a spolehlivosti

Společnost používá konkrétních výrobků k dosažení cílů, uspokojujících jejich potřeby. Toho se dosahuje využitím vlastností, které musí jednotlivé výrobky mít, aby mohly sloužit účelům, k nimž jsou určeny. Jakost výrobků lze charakterizovat jako míru jejich užitelnosti, která je vyjádřena souhrnem jejich užitných vlastností. [1]

**Jakost výrobku** je souhrn vlastností, které podmiňují jeho schopnost uspokojovat stanovené potřeby v souladu s jeho určením. Podle ISO je jakost souhrn vlastností a charakteristik výrobku, podmiňujících jeho schopnost uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby. [1]

**Výrobek** je obecně chápán jako reálný užitečný výsledek pracovních činností člověka, určený k uspokojování jeho potřeb. Výrobkem se rozumí nejen materiální produkt (hmotný výrobek), ale i nemateriální produkt jako služba, projekt, počítačový program, pokyny pro použití apod. Výrobek může být velmi jednoduchý, ale též složitý, složený z velkého počtu jednodušších výrobků. [1]

Nejvýznamnější dílčí vlastnosti jakosti:

- Technické a funkční vlastnosti
- **Spolehlivost**
- Technologičnost
- Ergonomie
- Estetika
- Ekologie
- Dopravitelnost[1]

V praxi se často používá spojení jakost a spolehlivost (např. řízení či zabezpečování jakosti a spolehlivosti), které je tedy formálně nepřesné; tato “nepřesnost” však je mnohdy záměrná s cílem zdůraznit, že se jedná o péči o jakost se zvláštním zřetelem na jednu z jejích nejvýznamnějších vlastností-**spolehlivost**. [1]

## 1.2 Definice a výklad pojmu spolehlivost

**Spolehlivost** je obecná vlastnost objektu, spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. [1]

Stručnější definice: spolehlivost je způsobilost výrobku plnit požadované funkce v daných podmínkách v průběhu daného časového období. [1]

**Objekt-předmět** stanoveného určení, uvažovaný z hlediska zamýšleného poslání, jehož spolehlivost se studuje, zkoumá nebo zkouší. Odpovídá používanému termínu **výrobek**. [1]

V definici spolehlivosti vystupují tři závažné okolnosti:

- a) Požadované funkční vlastnosti
- b) Doba, během níž se tyto funkční vlastnosti sledují
- c) Provozní podmínky, tj. způsoby a okolnosti provozu objektu[1]

Spolehlivost je definicí chápána komplexně a podle podmínek provozu, určení objektu apod. se vyjadřuje dílčími vlastnostmi nebo jejich kombinacemi. [1]

### **Dílčí vlastnosti spolehlivosti (definice dle ČSN 01 0102):**

**Bezporuchovost**-schopnost objektu plnit nepřetržitě požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. [1]

**Opravitelnost**-způsobilost objektu ke zjišťování příčin vzniku jeho poruch a odstraňování jejich následků opravou

**Udržovatelnost**-způsobilost objektu k předcházení jeho poruch předepsanou údržbou. [1]

**Skladovatelnost**-schopnost objektu zachovávat nepřetržitě bezvadný stav po dobu skladování a přepravy při dodržení předepsaných podmínek. [1]

**Životnost**-schopnost objektu plnit požadované funkce do dosažení mezního stavu při stanoveném systému předepsané údržby a oprav; mezní stav objektu je stav, ve kterém musí být další využití objektu přerušeno; kritéria mezního stavu pro daný objekt stanoví technická dokumentace. [1]

Mezní stav objektu, ve kterém musí být jeho další využívání přerušeno pro:

- a) neodstranitelné porušení bezpečnostních požadavků
- b) neodstranitelné překročení předepsaných mezí stanovených parametrů
- c) neodstranitelné snížení efektivnosti provozu pod přípustnou hodnotu
- d) nutné provedení generální opravy[1]

**Bezpečnost**-vlastnost objektu neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. [1]

**Pohotovost**-komplexní vlastnost objektu, zahrnující bezporuchovost a opravitelnost objektu v podmínkách provozu[1]

**Obecná udržovatelnost**-způsobilost objektu k předcházení a zjišťování příčin vzniku poruch a k odstranění jejich následků předepsanou údržbou a opravou.[1]

## **1.3 Přístup ke kvantitativnímu hodnocení spolehlivosti**

### **1.3.1 Pojem poruchy, třídění poruch**

Problematiku spolehlivosti lze charakterizovat jako problematiku zákonitostí vzniku, případně odstraňování jejich následků. **Porucha** je jev, spočívající v ukončení provozuschopného stavu objektu; poruchou tedy rozumíme jev, jehož nastání má za následek ztrátu schopnosti objektu plnit požadované funkce. Schopnost plnit požadované funkce je nutné vyjádřit v pozorovatelných znacích, parametrech a charakteristikách. Provádí se to na základě analýzy funkční činnosti objektu v závislosti na množině náhodných vlivů působících na objekt během jeho užívání. Souhrn fyzikálních, chemických, příp. dalších procesů vedoucích ke vzniku poruchy a vyjadřujících tedy fyzikální podstatu působících náhodných vlivů se nazývá **mechanismus poruchy**. [1]

Při definici poruchy u daného objektu (přesněji u souboru objektů téhož typu) se zpravidla vychází z modelu jeho pozorovatelných znaků, parametrů a charakteristik, které studujeme v závislosti na možných mechanismech poruch. Výsledkem je stanovení **kritéria poruchy** objektu, tj. souhrn znaků, charakterizujících jeho přechod z bezporuchového stavu do poruchového stavu. Pro daný objekt má být stanoveno jeho technickou dokumentací.[1]

Technický stav, v němž je objekt schopen plnit nebo plní stanovené funkce a dodržuje hodnoty stanovených parametrů v mezích stanovených technickou dokumentací, se nazývá **provozuschopný stav**. [1]

Norma rozlišuje pojmy:

- **Porucha** - jev spočívající v ukončení provozuschopného stavu
- **Poškození** - jev spočívající v narušení bezvadného stavu; bezvadný stav je stav, ve kterém objekt odpovídá všem požadavkům stanoveným technickou dokumentací
- **Vada** - změna stavu objektu, která není podstatná pro jeho činnost[1]

Určitou základní orientaci ve složité problematice poruch umožňuje analýza okolností vzniku poruch, příp. jejich následků, která umožňuje jejich klasifikaci podle různých hledisek: [1]

a) **třídění podle příčin vzniku poruchy** - zkoumání příčin, původců a podmínek vzniku poruch je jedním z hlavních účelů sledování poruchovosti objektů v provozu. Podle tohoto hlediska se rozlišují na: [1]

- **poruchy z vnějších příčin**, které vznikly jako důsledek nedodržení stanovených provozních podmínek a předpisů pro zatěžování, obsluhu a údržbu. Někdy se dále člení na poruchy **přetížením** (vzniklé překročením zatížení stanovených technickou dokumentací), poruchy **provozní** (způsobené nedodržením stanovených provozních podmínek a předpisů, např. provoz v nepovolených klimatických podmínkách, výpadek zdroje napájecí energie, nedodržení předpisů při údržbě, vadné seřízení apod.) a poruchy opravárenské (vzniklé u obnovovaných objektů nedokonalostí opravy, nedodržením předpisů pro opravu apod.). [1]
- **poruchy z vnitřních příčin**, které jsou způsobeny vlastní nedokonalostí objektu při zachování stanovených provozních podmínek a předpisů. U objektů typů technická zařízení se někdy dále člení na poruchy **konstrukční** (způsobené např. nevhodnou konstrukcí, nedostatečnou pevností) a **výrobní** (způsobené např. nedostatky technologických a kontrolních postupů při výrobě, montáži apod.) [1]

b) **třídění poruch podle časového průběhu změn parametru** – toto třídění se uplatňuje zejména u jednodušších objektů typu součástka, blok, modul, přístroj apod. [1]

- **poruchy náhlé** vzniklé skokovou změnou hodnot jednoho nebo několika parametrů objektu. Náhlé poruchy vznikají neočekávaně, nelze je proto předvídat na základě předchozí prohlídky, zkoušky apod. [1]
- **poruchy postupné** vzniklé v důsledku postupné změny hodnot jednoho nebo několika parametrů objektu. Charakteristickými mechanismy vzniku postupných poruch jsou procesy opotřebení, stárnutí a koroze. Zpravidla mohou být předvídané na základě předchozí prohlídky či zkoušky. [1]
- **poruchy občasné** (nazývané též samoopravné, u elektrotechnických zařízení též selhání) trvají po omezenou, většinou krátkou dobu, samy vymizí a objekt dosáhne opět bezporuchový stav bez vnějšího zásahu. Výskyt obcasných poruch je typický pro objekty typu elektronické zařízení a výpočetní technika. [1]

c) **třídění poruch podle stupně porušení provozuschopnosti**

- **poruchy úplné**, které vedou k úplné ztrátě schopnosti objektu plnit požadované funkce [1]
- **poruchy částečné**, které vedou k částečné ztrátě schopnosti objektu plnit požadované funkce avšak takové, které by úplně nezabránilo použití objektu (např. provoz objektu se sníženou, avšak ještě přípustnou efektivností). [1]

d) **třídění podle následků poruch** – se uplatňuje zejména u objektů chápaných jako složité systémy (např. ASŘ TP, letadlo, jaderná elektrárna apod.). Rozlišují se:

- **poruchy kritické**, jež vedou ke ztrátě provozuschopnosti doprovázené ohrožením zdraví nebo života osob, ohrožením životního prostředí nebo velkou hmotnou škodou. [1]

- **poruchy podstatné**, které mají za následek ztrátu provozuschopnosti, která není doprovázena ohrožením zdraví a života osob, životního prostředí nebo velkými hmotnými škodami. [1]
- **poruchy nepodstatné**, které mají za následek nepodstatnou změnu funkčních vlastností objektu, jež nevede ke ztrátě provozuschopnosti (příkladem nepodstatných poruch podle terminologie normy jsou vady a závady). [1]

### 1.3.2 Neobnovované a obnovované objekty

Pro kvantitativní hodnocení spolehlivosti je důležitá klasifikace objektů z hlediska jejich dalšího osudu po vzniku poruchy. [1]

**Obnovou** se obecně rozumí jev, spočívající v obnovení schopnosti objektu po poruše plnit požadované funkce podle technických podmínek. K obnově může dojít např. ukončením opravy nebo výměnou porouchaného prvku uvažovaného objektu. Z tohoto hlediska se objekty dělí na:

- a) neobnovované objekty**, které se hodnotí pouze z hlediska vzniku jejich poruchy, jejich další osud po vzniku poruchy nás nezajímá [1]
  - elektronické součástky – odpory, kondenzátory apod., elektrotechnické součástky – pojistky, vypínače, žárovky apod. Po vzniku poruchy se vyřazují, protože jejich oprava není možná nebo není únosná z ekonomických, provozních či jiných důvodů. [1]
  - družice, kosmické sondy a rakety v kosmonautice, řízené střely ve vojenství apod. Objekty, u nichž obnova není možná z důvodů jejich způsobu využívání, tzv. objekty pro jednorázové použití. [1]
- b) obnovované objekty**, jejichž schopnost plnit požadované funkce po poruše se obnovuje a hodnocení jejich spolehlivosti vychází nejčastěji ze studia posloupnosti dob bezporuchového provozu a dob do ukončení obnov provozuschopnosti [1]
  - automatické řídicí systémy technologických procesů. Objekty s plánovanou technickou obsluhou (tj. údržbou a opravami) během jejich technického života; jde např. o objekty chápáné jako složité systémy, u nichž po vzniku poruchy jejich prvků se obnovuje provozuschopný stav systému opravou nebo výměnou porouchaného prvku. [1]

### 1.3.3 Ukazatele spolehlivosti

Ukazatel spolehlivosti je kvantitativní charakteristika jedné nebo několika vlastností, tvořících spolehlivost objektu. Někdy se rozlišují:

- a) jednoduchý ukazatel spolehlivosti** – vztahuje-li se k jedné z vlastností tvořících spolehlivost (např. ukazatel bezporuchovosti) [1]
- b) komplexní ukazatel spolehlivosti** – vztahuje-li se k několika vlastnostem tvořících spolehlivost objektu (např. ukazatel pohotovosti) [1]

Norma určuje jednoznačný algoritmus postupu tím, že:

- zařazuje každý objekt do třídy podle toho, zda jde o objekt obnovovaný nebo neobnovovaný
- přiřazuje každému objektu charakteristický časový režim provozu (nepřetržitý, cyklický, operativní, obecný)
- zařazuje každý objekt do tzv. skupiny spolehlivosti podle závažnosti následků poruchy
- zařazuje každý objekt podle způsobu omezení doby používání (ukončení doby používání plánované nebo vynucené poruchou apod.) [1]

#### Lze doporučit aplikaci těchto hledisek:

- nesmí být opomenut žádný ukazatel, který charakterizuje podstatné spolehlivostní vlastnosti zkoumaného objektu
- musí být brány v úvahu reálné možnosti ověření předepsaných ukazatelů

při možnosti volby mezi ukazateli, které popisují stejnou spolehlivostní vlastnost, vybrat ten, který nejlépe umožní srovnávat jeho číselnou hodnotu s hodnotou dosaženou u výrobků předchozí generace nebo u výrobků konkurenčních [1] Pro poskytování záruk spolehlivosti je třeba upozornit na rozlišování ukazatelů spolehlivosti podle jejich způsobu stanovení:

- **pozorovatelný ukazatel** – vypočtený z konečného počtu zkušebních nebo provozních údajů v podobě střední hodnoty (tzv. bodové odhady ve smyslu matematické statistiky)
- **odhadovaný ukazatel** – vypočtený z konečného počtu zkušebních nebo provozních údajů v podobě horní a (nebo) dolní konfidenční meze (tzv. intervalové odhady)
- **extrapolovaný ukazatel** – vypočtený extrapolací pozorovaného nebo odhadovaného ukazatele podle času nebo zátěže odlišný od těch, při kterých byly stanoveny výchozí hodnoty
- **předpověděný ukazatel** – zpravidla u objektu chápaného jako systém vypočtený z pozorovaných, odhadovaných nebo extrapolovaných ukazatelů jako prvku
- **předpokládaný ukazatel** – stanovený na základě zkušeností (pokud není k dispozici pozorovaný nebo odhadovaný ukazatel, používá se v technických podmínkách jako informativní údaj)
- **jmenovitý ukazatel** – střední hodnota ukazatele stanovená technickými podmínkami
- **zaručovaný ukazatel** – hodnota ukazatele, která je v technických podmínkách zaručována pro stanovenou dobu s určitou pravděpodobností [1]

### 1.3.4 Ukazatele bezporuchovosti

Jednou z nejvýznamnějších dílčích vlastností spolehlivosti je bezporuchovost. Vyjadřuje zejména spolehlivost neobnovovaných objektů. U objektů typu technická zařízení se nejběžnější mechanismy vzniku poruch uvádějí:

- **procesy stárnutí, opotřebení a koroze** – nevratné procesy kumulace dílčích poškození, změn struktury, ubývání odolnosti apod., vedoucí k dosažení mezního stavu, kdy je další používání objektu znemožněno. Přitom stárnutí je chápáno jako proces, který není vyvoláván provozním zatížením a který probíhá i u objektu, jenž není v provozu (např. při skladování, přepravě apod.). Naproti tomu opotřebení je proces znehodnocování objektu při provozu v důsledku fyzikálních a chemických procesů, provázejících provoz objektu. Tyto procesy vedou k postupným změnám určitých jeho parametrů v důsledku mechanického, tepelného, elektrického a dalších druhů zatížení provázejících provoz objektu. [1]
- **výskyt špičkových zatížení** – tj. náhodný vznik krátkodobých přetížení, které např. u mechanických prvků mají za následek náhlé poruchy typu křehký lom (např. v důsledku překročení meze kluzu, rázových jevů apod.), které pak u elektrotechnických prvků vedou k náhlým poruchám typu přerušení vodiče, zkrat apod. [1]
- **vlivy okolního prostředí** – tj. náhodné krátkodobé vybočení fyzikálních parametrů prostředí mimo povolené meze stanovené pro užívání objektu např. technickými podmínkami [1]
- **nestabilita zdrojů energie** – tj. náhodný krátkodobý pokles nebo výpadek napájecí energie, náhodné krátkodobé porušení stanovených pravidel pro obsluhu a údržbu objektů při provozu, nedostatky a chyby při projektování a konstruování, nedostatky a chyby při výrobě a montáži [1]

### 1.3.5 Ukazatele životnosti

Ukazatele životnosti vyjadřují pravděpodobnostní chování náhodné veličiny, která má význam náhodné doby do vzniku mezního vztahu a nazývá se **technický život**. [1]

### 1.3.6 Ukazatele bezpečnosti

Oproti bezporuchovosti se uvažují pouze tzv. **nebezpečné** čili **kritické poruchy**; je třeba proto vycházet z analýzy následků poruch. Ukazatele bezpečnosti vyjadřují pravděpodobnostní chování náhodné veličiny „doba do kritické (nebezpečné) poruchy“ a jsou obdobně jako u bezporuchovosti. [1]

### 1.3.7 Ukazatele skladovatelnosti

Doba skladování a přepravy se neprojevuje bezprostředně v době, kdy jsou objekty v tomto režimu, ale až při následujícím provozu (např. u objektů jako jsou akumulátory, baterie apod.). Ukazatele skladovatelnosti jsou popisem náhodné veličiny „doba skladování a (nebo) přepravy, do jehož ukončení se uchovávají hodnoty předepsaných parametrů objektu ve stanovených mezích“. [1]

### 1.3.8 Ukazatele opravitelnosti

Je jednou z dílčích vlastností spolehlivosti obnovovaných objektů.

Současná norma rozlišuje pojmy:

- **oprava** – souhrn činností konaných po poruše za účelem navrácení objektů do provozuschopného stavu. Oprava v obecném případě zahrnuje odhalení (detekci) poruchy, určení místa (lokalizaci) poruchy, odstranění zjištěných nedostatků (vlastní aktivní oprava), kontrola správnosti funkce objektu po provedené opravě, navázání činností přerušených poruchou objektu (např. u prostředků výpočetní techniky). [1]
- **obnova** – jev, spočívající v obnovení schopnosti objektu po poruše plnit požadované funkce podle technických podmínek. [1]

## 1.4 Vliv provozních podmínek a dalších faktorů na ukazatele spolehlivosti neobnovovaných objektů

Objekty na úrovni nejnižší funkční složitosti, které jsou z funkčního a spolehlivostního hlediska považovány za nedělitelné (např. různé druhy součástek), tvoří nejvýznamnější skupinu neobnovovaných objektů. Jejich spolehlivost je určena zejména bezporuchovostí (eventuelně životností a skladovatelností). [1]

Provozní podmínky jsou zdrojem provozních zatížení a lze je dělit na dvě skupiny:

- **operační podmínky** – souvisí s vlastní činností objektu. Jejich obsahem je kombinace různých operačních parametrů a jejich úrovní (způsob provozu, zatížení, namáhání při provozu apod.)
- **podmínky prostředí** – fyzikální a chemické vnější podmínky, kterým je objekt při svém provozu vystaven. Vyjadřují se kombinacemi parametrů prostředí a jejich úrovněmi (např. klimatické parametry jako je teplota, vlhkost apod.). [1]

Provozní podmínky tedy určují namáhání, respektive zatížení, které spolu s konstrukčními parametry (např. u elektronických součástek počet a povrchová úprava vývodů, způsob zapouzdrazení apod.) ovlivňují mechanismy poruch a tedy i rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny „doba do poruchy“. [1]

Vliv provozních podmínek na bezporuchovost se vyjadřuje závislostí intenzity poruch na operačních parametrech a parametrech prostředí pomocí tzv. matematických modelů intenzity poruch součástek. Vyjadřují skutečnost, že hodnoty intenzity poruch součástek jsou ovlivňovány různými poruchovými mechanismy, které způsobují degradace v jejich struktuře a které závisí na provozních podmínkách. [1]

**U většiny elektronických prvků se za jeden z rozhodujících faktorů považuje vliv teploty.**

Modifikace Arrheniova vztahu vyjadřuje vliv teploty na rychlost průběhu chemických reakcí, které způsobují degradace součástek: [1]

$$k_r = A \cdot \exp - \left[ \frac{E}{k \cdot \theta} \right] \quad k_r - \text{rychlostní konstanta (měrná rychlost reakce)}$$

A- frekvenční faktor (konstanta reakce pro  $\theta \rightarrow \infty$ )

E- aktivační energie [eV]

k- Boltzmannova konstanta

$\theta$ - absolutní teplota [K]

## 1.5 Zkoušky spolehlivosti

Nezbytnou součástí praktického využití každé teorie je její ověřování experimentálními postupy. Jediným a nezastupitelným způsobem experimentálního zjišťování spolehlivostních vlastností objektů jsou zkoušky spolehlivosti. Musí být používána a respektována pravidla matematické statistiky, teorie pravděpodobnosti a spolehlivosti. [1]

## 1.6 Význam, druhy a příprava zkoušek spolehlivosti

Provádění zkoušek spolehlivosti je časově, ekonomicky a organizačně velmi náročná záležitost, jejich plánování a vyhodnocování vyžaduje profesní znalosti na vysoké úrovni. Velmi často jsou zkoušky spolehlivosti součástí ověřovacích a určujících zkoušek jakosti výrobků (objektů), které se provádějí jako:

- **předběžné zkoušky** – ověřovací zkoušky prototypů a (nebo) ověřovacích sérií výrobků prováděné za účelem stanovení, zda je výrobky možno předložit k typovým zkouškám
- **typové zkoušky** – ověřovací zkoušky prototypů, ověřovacích sérií výrobků nebo výrobků z kusové výroby, prováděné za účelem rozhodnutí o zavedení výrobku do výroby nebo k užívání podle určení
- **zkoušky technologické způsobilosti** – ověřovací zkoušky nulté nebo první série, prováděné za účelem odhadu schopnosti výrobce vyrábět objekty daného typu v daném množství
- **periodické zkoušky** – ověřovací zkoušky vyráběné produkce prováděné v rozsahu a lhůtách podle normativně technické dokumentace za účelem ověření stability jakosti výrobků a možnosti pokračovat ve výrobě
- **zkoušky po změnách** – ověřovací zkoušky vyráběné produkce za účelem odhadu efektivnosti a účelnosti a navržených změn konstrukce nebo technologie
- **předávací zkoušky** – ověřovací zkoušky výrobků při přejímací kontrole
- **vývojové zkoušky** – zkoušky prováděné za účelem zkoumání určených charakteristik vlastností objektu[1]



Klasifikace zkoušek spolehlivosti podle různých hledisek:

a) **podle podmínek realizace**

- laboratorní zkoušky
- provozní zkoušky[1]

b) **podle cíle**

- určující – určení neznámé hodnoty ukazatelů spolehlivosti. Provádějí se zejména při vývoji nových objektů, při změnách konstrukce nebo technologie výroby apod.
- ověřovací – cílem je ověřit, zda ukazatele spolehlivosti dosahují udávaných nebo předepsaných hodnot. Provádějí se zejména na objektech ze sériové výroby, např. při periodických zkouškách, při předávacích zkouškách apod. [1]

c) **podle ukazatelů spolehlivosti**

- zkoušky bezporuchovosti
- zkoušky životnosti
- zkoušky opravitelnosti
- zkoušky udržitelnosti[1]

d) **podle způsobu ukončení**

- zkoušky ukončené po poruše teprve všech n objektů
- zkoušky ukončené po uplynutí předem stanovené doby t
- zkoušky ukončené po výskytu předem stanoveného počtu poruch r
- zkoušky postupnou metodou[1]

## 1.7 Vliv lidského faktoru na spolehlivost systémů

Obecně platí, že spolehlivost každého systému je určována nejen spolehlivostí jeho technického řešení, ale závisí na dalších faktorech, s nimiž je systém při svém užívání v interakci. Jedním z velmi významných je lidský faktor. [1]

Informativně se uvádí, že člověk při své činnosti v rámci technického systému udělá průměrně jeden omyl na tisíc až deset tisíc úkonů. Podstatně však záleží na složitosti požadovaných úkonů, to je na tom, jak zatěžují psychomotorickou kapacitu pracovníka, která je u každého člověka individuální. [1]

Základní možnosti zvyšování spolehlivosti člověka:

- **selektivní výběr**, provádí se zpravidla hromadným nebo individuálním psychologickým vyšetřením. V současné době existují pro řadu profesních činností zpracované a odzkoušené různé typy testů, např. testy osobnosti a schopností.
- **kvalifikační příprava** – nezbytným předpokladem je vzdělání, které nabývá stále více charakter celoživotní, stále probíhající činnosti
- **soubor legislativně normativních bariér** – informační soubor důležitých a zásadních informací pro splnění a výkon předepsaných činností s požadovaným stupněm spolehlivosti, protože obsluha musí dodržovat při provozu systému různé „limitní“ hodnoty, které jsou definovány různými předpisy, příkazy, zákazy, opatřeními, normami apod.
- **návrh a realizace koncepce systému** [1]

## 2. Spínače domácích spotřebičů

### 2.1 Základní pojmy

**Elektrické přístroje** vykonávají některé z následujících úkonů:

- spojují a rozpojují elektrický obvod (bez proudu)
- zapínají a vypínají proud v obvodu
- řídí elektrický obvod tak, aby vhodným způsobem dosáhl požadovaného stavu
- jistí elektrické zařízení, tj. zabraňují nežádoucím následkům poruchového stavu obvodu
- chrání živé bytosti před úrazem elektrickým proudem [3]

Podstatou těchto přístrojů je vždy **spínací funkce**. Spínač je souhrnný název pro vypínač, odpínač, odpojovač, jistič, stykač, chránič, zásuvku atd. [3]

- **vypínač** – zapíná i vypíná elektrický obvod pod proudem, bez určení velikosti proudu
- **jistič** – zapíná a samočinně vypíná i zkratové proudy do šítkové velikosti
- **stykač** – dálkově ovládaný spínač s častou funkcí. Zapíná a vypíná i malý násobek jmenovitého proudu.
- **chránič** – jistič nn malého výkonu, který samočinně vypíná při poruše izolace vedení proti zemi
- **pojistka** – jednorázové zařízení, které přeruší obvod při nadproudu nebo zkratu
- **svodič přepětí** – zabraňuje šíření přepětí (krátkodobým uzemněním vedení) [3]
- **zásuvka** – slouží k připojení elektrických spotřebičů k elektrorozvodné síti

### 2.2 Funkční rozbor spínacího přístroje

#### 2.2.1 Funkční stavy

Základním úkolem spínacího přístroje je uzavírat a přerušovat elektrický obvod.

Vypínač má dva statické (trvalé) stavy:

- a) polohu vypnutou ( $I = 0$ ;  $U_K = U_S$ )
- b) polohu zapnutou ( $I = I_N$ ;  $U_K = 0$ )

Vlastním úkolem spínače není přenos trvalého proudu nebo oddělování částí vedení s napětím, ale uskutečnění přechodu z jednoho stavu do druhého. Tak se u vypínače objevují dva další funkční stavy, které můžeme charakterizovat jako přechodné:

- c) zapínání ( $0 \rightarrow I$ )
- d) vypínání ( $I \rightarrow 0$ ) [3]

### 2.3 Konstrukční členění

#### 2.3.1 Základní díly vypínače

- a) proudovodné části
- b) izolace přístroje
- c) mechanismus
- d) zhášedla
- e) výzbroj (ověšení) [3]

a) **Proudovodné části**

Jsou to části vedoucí proud – svorky přístroje, spojovací části a kontakty. V provozu jsou namáhány **tepelně a mechanicky**. [3]

Tepelné namáhání – je trvalé, způsobené procházejícím provozním proudem nebo zvětšené, způsobené krátkodobými zkratovými proudy. **Opalování kontaktů** je zvláštní druh tepelného namáhání (vypařování a odstřikování roztaveného materiálu kontaktů vlivem vysoké teploty oblouku). [3]

Mechanické namáhání – je způsobeno provozním spínáním (tah pružin, rozběh a brzdění setrvačných hmotností pohybujících se částí, nárazy kontaktů při zapínání, elektrodynamické síly mezi proudovodnými částmi při zkratech). [3]

b) **Izolace přístroje**

Zajišťují upevnění proudovodných částí s dostatečnou mechanickou pevností elektricky izolovaně od země a od vodičů jiných fází; ve stavu vypnutém navíc vzájemnou elektrickou izolací obou kontaktů. Základním izolačním materiálem je vždy pevná látka, která mechanicky spojuje, ale elektricky odděluje vodivé části. Je vždy nutná přítomnost plynného nebo kapalného izolantu, v němž probíhá spínací pohyb. Rozhraní mezi těmito izolanty tvoří povrch pevného izolantu. Nejslabším místem izolace bývá právě povrch pevného izolantu (nečistoty, srážení vlhkosti – snížení elektrické pevnosti). [3]

c) **Mechanismus**

Pomocí něj přemísťujeme kontakty z jedné základní polohy do druhé. U drobných spínačů mn a nn bývá izolační. [3]

d) **Zhášedla**

Umožňují zkrátit dobu hoření oblouku většího vypínacího proudu neboť vypínač je schopen vypnout při daném napětí jen proud určité velikosti. Oblouk (řádu desítek kiloampérů) má uhasnout během nejlépe jedné, nejvýše však během několika málo setin sekundy. [3]

**Jmenovitý vypínací proud vypínače** – je krajní proud, který vypínač spolehlivě vypne, určuje jeho vypínací schopnost. Vypínací schopnost kontaktní soustavy v normálním ovzduší je poměrně malá (desítky nebo stovky ampér, podle velikosti napětí). [3]

Účel zášedel je intenzivní **deionizace dráhy oblouku**. [3]

e) **Výzbroj (ověšení)**

Týká se především dálkově ovládaných stykačů a jističů. Jedná se o doplnění a rozšíření základních funkcí:

- pomocné signální kontakty
- dálkové (elektromagnetické) spouště
- přímé nadproudé spouště (tepelné, elektromagnetické) nebo spouště podpěťové (elektromagnetické) [3]

## 2.4 Provedení přístrojů dle provozních podmínek a vnějších vlivů

### 2.4.1 Všeobecně

Každá část el. zařízení musí vyhovovat požadavkům odpovídajících evropských norem, nebo harmonizačních dokumentů, nebo národních norem obsahujících harmonizační dokumenty. [9]

Všechna el. zařízení musí být vhodně navržena a dimenzována podle provozních podmínek tak, aby byla zachována jejich správná funkčnost, aby provoz el. zařízení nezpůsobil požár, ale hlavně aby neohrozila zdraví osob a zvířat. Z tohoto důvodu se el. přístroje konstruují podle **provozních podmínek a vnějších vlivů**.

## 2.4.2 Provozní podmínky

Napětí, Proud, Kmitočet, Výkon, Elektromagnetická kompatibilita, Odolnost proti napět'ovým rázům.

## 2.4.3 Vnější vlivy

Prostory, v nichž se dané el. zařízení nachází je charakterizováno vnějšími vlivy. Tyto vnější vlivy ovlivňují provoz el. zařízení.

Základní rozdělení el. zařízení do prostředí:

- S nebezpečím výbuchu
- Bez nebezpečí výbuchu

Rozdělení vnějších vlivů na stupně (např. AA4, BC3):

a) první písmeno dělí stupně do kategorií:

A-prostředí: definuje prostor jeho vlastnostmi (teplota, vlhkost, voda, sluneční záření atd.)

B-využití: je definováno schopnostmi a vlastnostmi osob, četností výskytu osob v prostoru, vlastnostmi látek atd.

C-konstrukce budovy: definuje vlivy podle použitých materiálů budovy

b) druhé písmeno označuje vlastnost vlivu (teplotu, proudění vzduchu, vodu, vlhkost atd.)

Z hlediska úrazu osob el. proudem definuje norma prostředí na:

- normální
- nebezpečné
- zvlášť nebezpečné

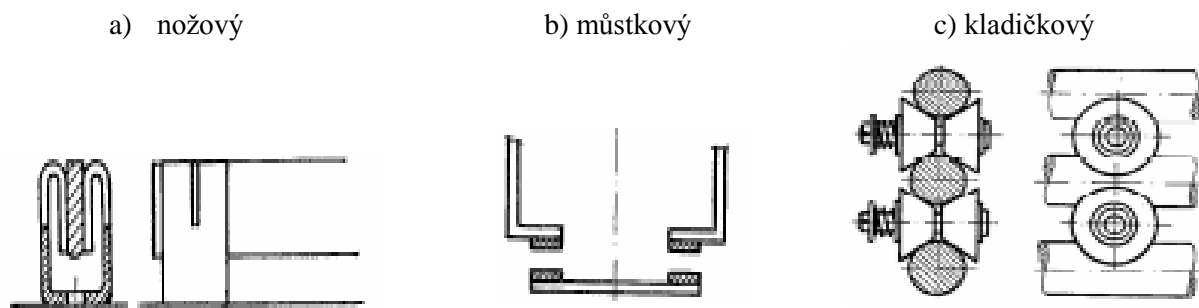
Detailněji se problematice provozních podmínek a vnějších vlivů věnuje ČSN 33 2000-5-51

## 2.5 Elektrické kontakty spínacích přístrojů

Každé elektrické zařízení se skládá z jednotlivých prvků, jež jsou určitým způsobem vzájemně spojeny. Toto spojení, umožňující, aby obvodem procházel proud, se uskutečňuje pomocí spojů. [4]

Spínací kontakty lze zapínat i rozpínat. Je celá řada spínacích kontaktů (nožové, růžicové, palcové atd.). Podle své funkce v silnoprůdých přístrojích dělíme kontakty na hlavní a opalovací. Hlavní kontakty se od sebe oddálí při vypínání dříve než opalovací, mezi nimiž potom vzniká elektrický oblouk. Zmenšíme tak opotřebení hlavních kontaktů, které spolehlivě převádějí jmenovité i zkratové proudy procházející přístrojem. [4]

Obr. příklady spínacích kontaktů



**Stykové místo** kontaktů představuje přídavný zdroj tepelných ztrát, vyvolaných průchodem proudu, takže teplota kontaktů převyšuje teplotu přívodů. V provozu se nesmí překročit maximální přípustné teploty kontaktů, určené na základě mnohaletých zkoušek. [4]

Teplota v jednotlivých bodech průřezu místa styku kontaktů se mění a dosahuje maxima v úžině. Tento jev vysvětluje **charakteristika  $R(U)$** . [4]

Prochází-li přes kontakty velký proud (např. zkratový), zvětší se úbytek napětí na nich natolik, že teplota v místě styku dosáhne nebo dokonce převyší teplotu, při níž nastává tavení materiálu kontaktů. Prochází-li proud dostatečnou dobu, dojde pak ke **svaření kontaktů**. [4]

## 2.6 Druhy spínacích přístrojů

### 2.6.1 Vypínače

- **instalační spínače**
- **spínače pro pohyblivé přívody**

Spínače (vypínače, prepínače) musí být voleny především podle napětí a podle očekávaného proudu. Pro rozvody v budovách jsou vyráběny spínače o jmenovitém proudu  $I_n = 10A$ .

Spínače pro pohyblivé přívody se smí používat jen do 6 A.

Vypínače, odpínače musí být voleny s takovými jmenovitými hodnotami, aby vyhovovaly proudu a napětí v místě svého použití. Musí mít dostatečnou izolaci a dostatečnou zkratovou odolnost.

**Domovní spínače se dělí:**

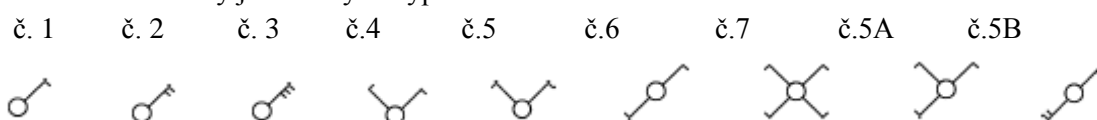
- podle způsobu montáže – na nástěnné, polozapuštěné, zapuštěné, panelové
- podle krytí – na obyčejné, do vlhka, venkovní, nepromokavé
- podle ovládání – na otočné, tlačítkové, páčkové, kolébkové, tahací, stiskací

Jmenovitý proud domovních spínačů je 6A a 10 A při 250 V.

**Domovní spínače se označují číslem řazení:**

- vypínač č. 1 – jednopólový
- vypínač č. 2 – dvoupólový
- vypínač č. 3 – třípólový
- vypínač č. 4 – skupinový (tzv. hotelový)
- vypínač č. 5 – sériový (tzv. lustrový)
- vypínač č. 6 – střídavý (schodišťový)
- vypínač č. 7 – křížový
- vypínač č. 5A – sériový střídavý
- vypínač č. 5B – dvojitý střídavý

Schematické značky jednotlivých vypínačů:



*Obr. 2 Domovní vypínač ABB v provedení Element IP20 (pod omítku)*



*Obr. 2 Domovní vypínač ABB v provedení Element IP44 (pod omítku)*



*Obr. 2 Domovní vypínač ABB v provedení Praktik IP44 10A/250V/AC se signalizační doutnavkou (na povrch)*



*Obr. 2 spínač pro pohyblivé přívody*



## 2.6.2 Jističe

Jističe jsou spínací přístroje, pomocí nichž ovládáme a současně zajišťujeme obvody před nežádoucími účinky nadproudu nebo podpětí. Jsou to vlastně samočinné vypínače. Slučují funkci vypínače a pojistky. Obvykle jde o přístroj s velkým jmenovitým vypínacím proudem (20 – 100) násobku jmenovitého proudu, u něhož se při zapínání napne vypínací pružina, která pak stále tlačí pohyblivé kontakty do vypnuté polohy. Je proto nutné kontakty v zapnuté poloze zajistit vhodným zámkem. Nastane-li v zařízení porucha, při níž má jistič obvod vypnout, uvolní se působením spouště zámek a vypínač působením vypínací pružiny okamžitě vypne. [3]

Aby vypínač mohl působit jako jistič, musí mít kromě kontaktní soustavy s příslušným ovládáním ještě **zámek a spoušť**. [3]

**Zámek vypínače** je mechanismus, který drží kontaktní ústrojí samočinného vypínače v zapnuté poloze proti síle vypínacích pružin. Zámek se vybavuje buď ručně tlačítkem, nebo dálkově elektromagnetickou spouští. Aby spoušť nemusela být neúměrně velká, musí být síla, potřebná k vybavení zámku, malá. Zámky jsou jednoduché a složené. Principem jednoduchého zámku je buď západka, nebo prolomené páky. Zámek složený, vytvořený spojením několika zámků jednoduchých, říkáme **volnoběžky**. [3]

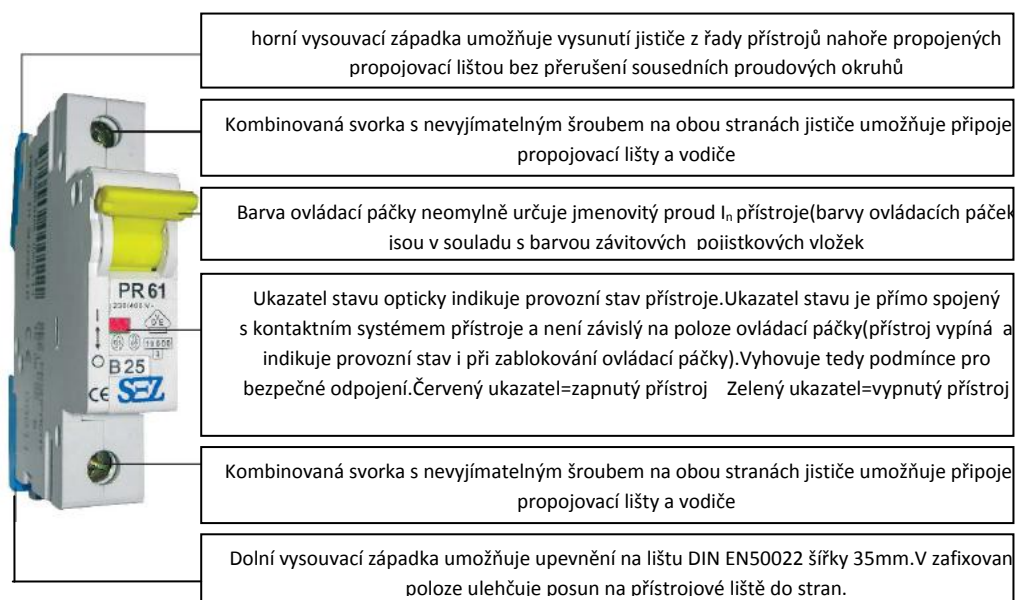
**Spoušť** je zařízení skládající se z proudové dráhy (vinutí) a z mechanismu. Mechanismus spouště se uvádí v činnost **elektromagnetickým** nebo **tepelným** působením proudu a vybavuje zámek nebo volnoběžku jističe, převýší-li proud obvodu násobek jmenovitého proudu, popř. klesne-li napětí obvodu pod určitou hodnotu.

Vzduchové jističe se staví na proudy od jednotek ampérů do proudů několika tisíc ampérů. Jističe do jmenovitého proudu 63A považujeme za jističe malé. Malé jističe se používají k jištění bytových rozvodů, světelných obvodů, menších motorů a jiných spotřebičů. Tyto obvody jistí jak proti nadproudu, tak proti zkratu podobně jako pojistky. V porovnání s pojistkami mají především výhodu opakované funkce bez jakékoli výměny.

Evropští výrobci dodávají malé jističe v jednotné šířce 17,5 mm na pól. Používá se buď jednoduchá, nebo můstková kontaktní soustava, tj. buď s jedním nebo dvojím přerušením proudové dráhy. Materiálem kontaktů bývá převážně slitina stříbra s omezeným množstvím teplotně odolné složky, jako je CdO, C, Ni nebo W. Kontakty zejména v můstkovém provedení mají malou hmotnost, takže dovolují **velkou vypínací rychlost**. Dosažení velké vypínací rychlosti podporuje vystřelovací cívka. Je to upravená zkratová spoušť, která nejen vybavuje volnoběžku jističe, ale také následkem přímého mechanického spřažení s pohyblivým kontaktem urychluje jeho oddálení od pevného kontaktu. Podmínkou je tak rychlá činnost, aby oblouk zapálil v době kratší než 5 ms od vzniku zkratu. Je-li takto vybavený jistič doplněn zhasací komorou, jejíž počet n ocelových roštových přepážek je při fázovém napětí  $U_f$  dán vztahem  $n \geq 0,05 U_f$  (na dílčí oblouček tedy připadá napětí nejméně 20 V), může vykazovat omezovací účinek. To znamená, že proud obvodu následkem rychle narůstajícího odporu oblouku na velkou hodnotu nejen nedosáhne své plné amplitudy, ale velmi rychle se pak zmenšuje až na nulu. Tímto opatřením se vypínací výkon jističe značně zvětší. [3]

Maximální propuštěná špička při vlastních dobách (tj. dobách do zapálení oblouku) kolem 2 ms se pohybuje kolem 30 % amplitudy vypínaného proudu. Tak lze zvětšit jmenovitý vypínací proud malého jističe z dosavadních 3kA až na hodnotu 10kA. [3]

Obr. 2. Jednopolový jistič SEZ Krompachy PR61  $I_n = 25A$  s charakteristikou B



### **Barevné značení ovládacích páček**

Jističe s charakteristikou B, C, D mají barevné ovládací páčky podle jmenovitého proudu v souladu s označováním závitových pojistkových vložek:

hnědá: 0,5-4A    zelená: 6-8A    červená: 10-13A    šedá: 16A    modrá: 20A    žlutá: 25A    fialová: 32 a 35A  
černá: 40A    bílá: 50A    oranžová: 63A

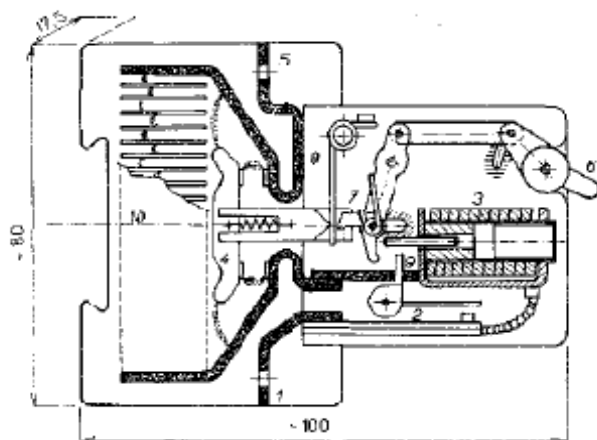
Jističe s charakteristikou M mají černé ovládací páčky.

### **Konstrukce jističe**

Proudovou dráhu tvoří svorka 1, dvojkov nadproudové spouště 2, vinutí zkratové spouště 3, můstkový kontakt 4 a svorka 5. Vybaví-li nadproudová spoušť nebo zkratová spoušť nebo obsluha ruční pákou 6 (přes jednotlivé elementy volnoběžky) západku 7, převede rameno zkrutné pružiny 8 kontaktní můstek 4 do vypnuté polohy. Při zkratu urychluje pohyb můstku nárazník 9 jádra elektromagnetické spouště 3. Elektrodynamické síly vyvolané proudovou smyčkou v součinnosti s ocelovými deskami roštu 10 zavedou oba vytvořené oblouky do zhášecí komory, kde se na deskách roštu rozčlení na  $n$  obloučků v sérii. Rychle narůstající odpor série obloučků omezí nárůst zkratového proudu a zmenší jej až na hodnotu, při níž následkem labilizace (tj. stavu, kdy rekombinační pochody převládnu nad pochody ionizačními) oblouk samovolně zanikne. [3]



Obr. 3. Řez malého jističe nn



Obr. 4 Schematická značka jističe



**Vypínací charakteristika vyjadřuje** vztah mezi přetížením a dobou vybavení. Aby došlo k vybavení spouště, a tím k odpojení vadné části, nesmí hodnota vzniklého tepla v chráněném zařízení ležet pod křivkou vypínací charakteristiky daného jističe. V opačném případě by nedošlo k zapůsobení ochrany. Z tohoto důvodu vyplývá důležitost správné volby jistícího přístroje.

**Řídící články** kontrolující nadproudy jsou řešeny jako elektromagnety nebo jako tepelné články. Vybavující síla v prvním případě je původu elektromagnetického, v druhém případě vzniká jako následek mechanických napětí při dilataci dvojkovu účinkem tepla vyvolaného proudem. [3]

**Nadproudová spoušť** – prochází jí trvale proud jištěného obvodu. Zapůsobí však jen tehdy, přestoupí-li proud určitou předem nastavenou velikost. U malých jističů bývají nadproudové spouště, zpožděná i zkratová, pevně nastaveny na určitou hodnotu. Ovládání jističů je jen ruční. Jistič musí jistit jak sítě, tak spotřebiče, nesmí se poškodit ani při přerušování velkých nadproudů, aby byl schopen nového zapnutí. Vykazuje tedy velkou **vypínací schopnost**. Není však vhodný k častému spínání. [3]

**Podpět'ová spoušť** – odpojí jištěný úsek tehdy, sníží-li se napětí sítě pod jmenovitou hodnotu o určitou nastavenou velikost. Toto snížení napětí způsobí zmenšení proudu ve vinutí elektromagnetu a vede ke zmenšení jeho tahu. Následující odpadnutí kotvy vyvolá žádaný vypínací impuls. [3]

**Technické údaje jističů:**

- Počet pólů
- Vypínací charakteristiky
- Jmenovitý proud  $I_n$
- Jmenovité napětí  $U_n$
- Jmenovitá frekvence  $f$
- Vypínací schopnost
- Třída selektivity
- Elektrická trvanlivost
- Mechanická trvanlivost
- Krytí
- Teplota okolí

### 2.6.3 Pojistky

Pojistka je vyměnitelná část obvodu obsahující tamní vodič, jehož průřez je úmyslně zmenšen. Představuje nejslabší místo obvodu, v němž se tepelným účinkem nadproudu tavný vodič přetaví. To má za následek vznik elektrického oblouku, po jehož zániku dojde k přerušení proudu. Působí tedy jednorázově. Velké poruchové nadproudy způsobí velmi rychlé přetavení, zatímco malé nadproudy vyvolané pracovním přetížením vedou k dlouhým dobám tavení. V oblasti malých nadproudů i malé změny proudů způsobují velké změny doby tavení. Odtud vyplývá vhodnost použití pojistek především k jistění sítí vůči zkratovým proudům a nevhodnost k jistění elektromotorů. Snaha o co největší využití materiálu elektromotorů zvětšuje jejich citlivost na malá a dlouhodobá přetížení, takže zmíněné velké změny doby tavení se již mohou projevit nepříznivě. Kromě toho větší násobky (záběrné proudy) vypínají pojistky ve velmi krátkých dobách, což narušuje spouštění motorů. Zvolí-li se z tohoto důvodu pojistka na větší jmenovitý proud, než je jmenovitý proud motoru, jistící účinek se při trvalém chodu motoru zmenší. Tento nedostatek se částečně odstranil použitím pomalých pojistek, které mají v oblasti větších nadproudů přiměřeně delší dobu tavení. [3]

Nedostatkem pojistek je okolnost, že následkem výrobních tolerancí, materiálových vlastností kolísajících s vlivem měnící se teploty okolí není charakteristikou pojistky jednoznačná křivka, ale pásmo. Jeho šířka může být někdy tak velká, že se překrývají pásma charakteristik rychlých a pomalých pojistek. Kromě toho nelze pojistku použít ke spínání, tj. k připojení a odpojení spotřebičů od sítě. [3]

V oblasti menších nadproudů je doba tavení podstatně delší než doba oblouku, takže celková, tzv. **vypínací charakteristika** splývá s tavnou charakteristikou. V oblasti velkých nadproudů naopak doba oblouku převyšuje dobu tavení, takže celková charakteristika má průběh odlišný než charakteristika tavná. [3]

*Obr. 5 části závitové pojistky*

a) pojistková vložka b) pojistkový spodek c) pojistková hlavice d) pojistkový dotek



#### **Podstata vypínacího pochodu pojistek a jejich provedení**

Odlišnost mezi pojistkou a obvyklými druhy spínacích přístrojů spočívá v tom, že rozpojení kontaktů je nahrazeno přetavením vodiče. Nejdokonalejší pojistky jsou provedeny jako utěsněné komory (vložky, patrony), v nichž elektrický oblouk hořící mezi konci přetaveného vodiče zaniká spolupůsobením vysokého tlaku, který vyvolá. Celá energie oblouku se předá zčásti hasivu (křemičitý písek), zčásti plynu vyplňujícímu zbývajícím prostoru komory. V souladu s kinetickou teorií plynů zvětší dodaná energie kinetickou energii molekul plynu, tedy také rychlost jejich pohybu. Vnější projevem je zvýšení tlaku. [3]

Páry roztaveného kovu současně prudce expandují do prostoru mezi zrna hasiva z čistého křemičitého písku průměru 0,2 – 0,5 mm a kondenzují na jejich povrchu, který je poměrně velký a v porovnání s teplotou par téměř studený. Tím se ve výbojovém prostoru zmenší množství snadno ionizovatelných částic a zhorší se tak podmínky vedení proudu. Oblouk vzniklý v prostoru roztavené a vypařené části vodiče se současně prodlužuje postupným odtavováním konců zbytků tavného vodiče. [3]

Zvýšený tlak znesnadňuje termickou ionizaci plynu v prostoru, který zaujímá oblouk. Oblouk za těchto okolností vyžaduje podstatně větší intenzitu elektrického pole než za normálního tlaku. Kromě toho zvětšením molekul plynu se zvětšuje tepelná vodivost plynu, což podporuje ochlazování oblouku a dále přispívá k zvětšení intenzity elektrického pole. **Proto i při krátkém oblouku vznikne poměrně značné vysoké napětí oblouku.** V součinnosti s napětím zdroje je pak nutným následkem zmenšování proudu na nulovou hodnotu. [3]

Vysoké obloukové napětí vyznačuje dobrou činnost pojistky v tom smyslu, že vyvolá rychlý zánik proudu. Na druhé straně však rychlá změna proudu vyvolá na indukčnosti obvodu vysoká přepětí, namáhající izolaci elektrického zařízení. Je nutné nalézt takové rozměry vložky, aby při dobré zhášecí účinnosti mělo spínací přepětí přijatelnou velikost. [3]

V zájmu spolehlivého jištění zařízení je však důležité, aby pojistka nedovolila dosažení plné velikosti zkratového proudu. Proto se požaduje, aby se tavný vodič přetavil při podstatně menším proudu, ještě v počáteční fázi vývoje zkratového proudu neboli aby pojistka **zkratový proud omezila**. Omezovací charakteristika viz příloha. Energie propuštěná pojistkou do jištěného zařízení musí být menší než tepelná odolnost zařízení. Její část představující plochu ohraničenou tlustou čarou musí způsobit přetavení vodiče. Jde proto o přiřazení průřezu tavného vodiče k této energii. [3]

K charakterizování pojistky slouží kromě tavné charakteristiky ještě údaj jmenovitého a krajního proudu.

**Jmenovitý proud** – proud, který pojistka snese trvale, aniž by teplota přestoupila dovolenou hodnotu.

**Krajní proud** – proud, při němž se vodič ještě neroztaví. Volí se zpravidla jako 1,3 – 2 násobek jmenovitého proudu. [3]

Tavné vodiče pro malé proudy mají **kruhový průřez**. Teplo vznikající ve vodiči průchodem proudu se odvádí převážně přímo vodičem k víkům pojistky a jejich prostřednictvím teprve do okolí. Nejteplejší místo je uprostřed délky vodiče. [3]

**Hasivo** – křemičitý písek se používá jako náplň pojistkových vložek na nízké i vysoké napětí. Vložky tvoří s pojistkovým spodkem, který je trvalou součástí proudové dráhy, dvoudílný celek. Vložky na nízké napětí mají dvojí provedení podle velikosti jmenovitého a vypínacího proudu. Pro domovní rozvody se konstruují v rozsahu 2 – 50A jako závitové (viz obr. 4). Jejich kontakty tvoří plechová víčka uzavírající náplň vložky. Na horním víčku je

ukazovatel stavu ve tvaru terčíku odtlačovaného od víčka pružinkou. Terčík po zapůsobení pojistky odpadne. Víčko (patka) na opačném konci má válcový tvar s průměrem odstupňovaným podle jmenovitého proudu vložky. Na dně pojistkového spodku je zašroubován vymezovací kroužek odpovídajícího průměru znemožňující vložení vložky na větší jmenovitý proud. Vložka je ve spodku upevněna porcelánovou hlavicí s kovovým závitem, jehož prostřednictvím je tavný vodič spojen s druhým přívodem zavedeným ve spodku do odpovídající pevné matice. Rozměry spodků, vložek a barva signalizačního terčíku určujícího jmenovitý proud vložky jsou normalizovány. [3]

## 2.6.4 Stykače

Stykač je dálkově ovládaný přístroj, určený pro časté a převážně krátkodobé spínání motorů a jiných spotřebičů. Stykač má stabilní jen jednu polohu, a to zpravidla polohu vypnutou. [3]

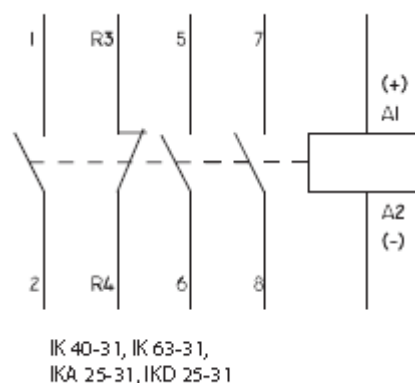
Zapínací mechanismus stykače může být trojího druhu:

- vačkový
- pneumatický
- **elektromagnetický** [3]

Obr. 7. Elektromagnetický stykač SEZ Krompachy



Obr. 8 Řazení kontaktů



Nejrozšířenější je provedení stykače s **pohonem elektromagnetickým**. Ovládací elektromagnet může být na stejnosměrný nebo střídavý proud a může být napájen z pomocného zdroje nebo přímo ze sítě, k níž stykač připojuje spotřebič. Elektromagnetický stykač je vlastně relé, neboť pomocí malého proudu (malé energie) jím můžeme na dálku zapínat a vypínat mnohonásobně větší proudy, tj. ovládat mohutný tok energie. Pomocný obvod se spíná buď válcovým nebo vačkovým spínačem, nebo tlačítkovým ovladačem. Na rozdíl od otočných ovládačů je při použití tlačítka stykač zapnut jen tak dlouho, pokud obsluha působí silou na knoflík tlačítka. Aby bylo možné i krátkým impulsem provést dlouhodobé zapnutí stykače, je nutné použít dvojice tlačítek. Jedno tlačítko (s činnými kontakty) slouží jako zapínací, druhé (s klidovými kontakty) jako vypínací. Současně musí mít stykač vestavěn jeden pár činných pomocných kontaktů, které kopírují činnost hlavních kontaktů stykače. [3]

Stlačením zapínacího tlačítka se zavede proud do cívky elektromagnetu a zapnou se současně kontakty hlavní i pomocné. Pomocný kontakt přemostí zapínací tlačítko, takže i při krátkém impulsu přes zapínací tlačítko zůstane stykač trvale zapnut. Pomocný kontakt koná funkci samodržného kontaktu. Druhým, vypínacím tlačítkem, které je spojeno do série se samodržným kontaktem a obvod trvale propojuje, se opět i krátkým impulsem stykač vypne. Po přerušení proudu ve vinutí elektromagnetu kotva působením vypínací pružiny odpadne a vrátí hlavní i pomocný kontakt do vypnuté polohy. [3]

Stykače mívají nejen jeden, ale více párů pomocných kontaktů, které při funkci stykače propojují nebo rozpojují pomocné obvody ovládací, signalizační, blokovací apod. Nejčastěji bývají stykače vybaveny dvěma páry pomocných kontaktů zapínacích a dvěma páry kontaktů vypínacích pro celkem čtyři ovládací obvody. Pomocné kontakty jsou podobné jako hlavní kontakty s čelním stykem, obvykle

můstkové. Stykač je určen pro časté, ale spíše krátkodobé spínání provozních proudů. Počet spínacích cyklů za hodinu může dosahovat i čísla 1000. S rostoucí hustotou spínání se zpravidla doba zapnutí zkracuje a naopak. Proto jsou na konstrukci stykače kladeny z hlediska životnosti, která bývá až několik milionů cyklů, velké požadavky. [3]

Následkem toho není principiálně správné používat stykač v takových místech, kde bude spínat jen občas a kde bude doba zapnutí velmi dlouhá. Je to záležitost spotřeby energie ovládací cívkou. [3]

Protože stykače spínají převážně motorové obvody, musí být schopny zvládnout i menší nadproudy. Ve střídavých obvodech nn jsou největší zapínací proudy stykačů v rozmezí 6 – 12 násobku a největší vypínací v rozmezí 6 – 10 násobku jmenovitého proudu. Stykače se někdy doplňují časově závislou **tepelnou spouští** a pak vykonávají současně funkci jističe, ovšem jen do nadproudů uvedených dříve. Pro vypínání zkratu nelze stykače používat, neboť nejsou z hlediska kontaktní soustavy ani zhášedla pro taková namáhání dimenzována. Zkrat v obvodu musí vypnout pojistka zařazená se stykačem do série, popř. jistič. [3]

Kromě **jmenovitého proudu** se u stykačů setkáváme s pojmem **pracovní proud**. Pracovní proud se rovná nebo je menší než jmenovitý proud a jeho velikost určuje výrobce. Příčinou této zvláštnosti vyskytující se jen u stykačů, je velikost rozběhového proudu elektrických strojů, která je několikanásobkem proudu jmenovitého. Při jejich častějším spínání než asi 1x za minutu by mohlo oteplení stykače zapínacím proudem přesáhnout (dovolené) oteplení jmenovitým proudem. Aby k tomu nedošlo, zmenšuje se v závislosti na hustotě spínání pracovní proud více či méně pod hodnotu jmenovitého proudu. Stykač se při takovém provozu smí použít jen pro spínání motorů, jejichž jmenovitý proud není větší než odpovídající pracovní proud. [3]

Instalační stykače se používají na automatické spínání elektrických zařízení v instalacích bytů, úřadů, pracovišť a nemocnic. Jsou vhodné hlavně ke spínání osvětlení, topných těles, klimatizace a podobných zařízení a jsou také určeny ke spínání jednofázových a trojfázových elektrických motorů. Jejich předností je tichý chod. Stykače mohou být zabudovány v elektrických rozvodných panelech na 35 mm montážní liště (ve shodě s EN 60715).

#### **Technické údaje stykačů**

- Teplota okolí
- Mechanická životnost
- Stupeň krytí podle IEC 947
- Jmenovité izolační napětí  $U_i$
- Jmenovitý tepelný proud  $I_{th}$
- AC1 Jmenovitý pracovní proud
- Jmenovitý pracovní výkon
- AC3 Jmenovitý pracovní výkon
- Elektrická životnost od 30 V do 400 V (pracovních cyklů)

## **2.7 Ověřování spolehlivosti spínacích přístrojů nn**

Spínací přístroje podrobujeme jako každé jiné elektrické zařízení základním zkouškám **mechanickým, tepelným, elektrickým, životnostním a výkonovým**.

**Mechanické zkoušky** – kontrolujeme dokonalost a spolehlivost ovládacího mechanismu za normálních i zkratových podmínek. Měříme zapínací a vypínací rychlosti nejen co do průměrných hodnot, ale i jejich okamžité rychlosti během celého zdvihu kontaktů v souvislosti s činností jednotlivých funkčních členů.

**Tepelné zkoušky** – patří zde měření oteplení jmenovitým proudem těch částí, které mají dovolené oteplení předepsané normou. Přitom zpravidla také zjišťujeme úbytky napětí na jednotlivých úsecích proudové dráhy, především na kontaktech.

- zkoušky krátkodobé tepelné odolnosti proudové dráhy
- zkoušky dynamické odolnosti proudové dráhy krátkodobým nadproudem, popř. proudem zkratovým

**Elektrické zkoušky** – ověřuje se dokonalost izolačních dílů, průrazná napětí přímých vzdáleností a povrchových drah mezi vodiči jednotlivých fází navzájem a zemí. Zkoušky se provádějí za různých podmínek daných provedením přístroje.

#### **Životností zkoušky**

- mechanické – zjišťuje se počet spínacích cyklů do opotřebení či porušení mechanismu a kontaktů bez proudu. Pro každý typ spínacího přístroje je předepsána normou.
- elektrické – opakovaným spínáním jmenovitých hodnot nebo násobku jmenovitých hodnot proudu se ověřuje životnost kontaktů za současného působení vypínacího oblouku.

#### **Zkoušky vypínací schopnosti**

Pro spínací přístroje jsou typické zkoušky **vypínací schopnosti**.

První zkušenosti s vypínací schopností vypínačů, zvláště s její nedostačující velikostí, byly získány při jejich provozu v sítích. Je samozřejmé, že hladina vypínacího proudu vypínače musí být vyšší než možný zkratový proud v příslušném místě sítě.

Zkoušky můžeme konat přímo u výrobce přístrojů nebo v autorizované zkušebně.

### **3. Experimentální měření vybraného vzorku**

#### **3.1 Cíl měření**

Cílem této části BP je pomocí jednoduché metody měřením na starším jističi a srovnáním s parametry nového jističe vyhodnotit spolehlivost vybraného spínacího přístroje.

#### **3.2 Podmínky měření**

Měření bylo prováděno v laboratoři elektrických přístrojů VŠB TU Ostrava. Z technického vybavení laboratoře byl použit regulovatelný zdroj 0-100A, dva multimetry, klešťový multimetr.

#### **3.3 Popis a schéma zapojení**

Jistič byl vložen do jednofázového obvodu, kde pomocí sériového zapojení jističe proud protékal postupně proudovodnou dráhou přes kontakty 1-2,3-4,5-6. Proud je nastavován pomocí regulovatelného autotransformátoru. Úbytky napětí jednotlivých proudovodných drah jsou měřeny pomocí voltmetru. Schéma zapojení viz příloha.

#### **3.4 Způsob a podstata měření**

Měření bylo prováděno nejprve na jističi č. 1 a poté stejným způsobem na jističi č. 2. Procházející proud byl nastaven nejprve na jmenovitou hodnotu jističe. Úbytek napětí na jednotlivých proud.drahách se

měřil „**za studena**“, tedy za stavu kdy jističem před samotným měřením neprocházel proud a poté „**za tepla**“, kdy proud.dráhy byly zahřáty protékajícím proudem za dobu 3 minut. Třetí měření proud protékal proud. drahami po dobu 10 minut a opět se změřily úbytky jednotlivých proudovodných drah. Posledním měřením se zjišťovala doba vypnutí při nadproudu.

Naměřené hodnoty úbytků napětí nám nepřímou metodou ukazují **odpor proudovodných drah** jednotlivých fází jističe. Odpor jedné fáze sestává z dílčích odporů jednotlivých částí proudovodné dráhy: připojovacích svorek, bimetalu, vinutí zkratové spouště a můstkového kontaktu.

V závislosti na odporu a velikosti procházejícího proudu jsou **výkonové ztráty** jističe  $\Delta P = R \cdot I^2$ . Pokud tyto ztráty přesáhnou dovolenou mez, jsou nejen ztrátou finanční, což ve výsledku je ekonomickou ztrátou majitele, ale hlavně jsou nebezpečím vzniku požáru. Z těchto důvodů je **kontrola výše uvedených hodnot zejména u starších jističů velice důležitá**.

### 3.5 Technické údaje a naměřené hodnoty jističů

#### Jistič č. 1

Pro měření z důvodu vyhodnocení spolehlivosti spínacího přístroje jsem zvolil trojfázový jistič **ITM 21A SEZ Krompachy**. Zkratová odolnost není na štítku uvedena. Graf impedance, tabulka vypínacích proudů a vypínací charakteristika viz příloha. Jistič byl nepřetržitě v provozu 29 let.

#### Technické údaje:

- Jističe typu IJM, ITM se používaly k jištění motorů nebo spotřebičů.
- Jmenovité napětí a frekvence: 500V, 50Hz.
- Jističe vyhovují ČSN 35 4171/61.
- Životnost: 50 000 zapnutí a vypnutí
- Velká otřesuvzdornost
- Krytí: IP 00 bez krytu, IP30 s krytem (ČSN 33 0331)

Obr. ITM 21A SEZ Krompachy



## Naměřené hodnoty ITM 21A

Tab. 1. Měření úbytků napětí

fáze	U[mV]			I [A]
	za studena	za tepla (3min.)	za tepla (10min.)	
L1	343	375	380	21
L2	250	220	225	
L3	280	260	280	

Tab. 2. Měření doby vypnutí nadproudu

čas vypnutí [s]	nadproud [A]
30	42

## Jistič č. 2

Pro srovnání a následné vyhodnocení spolehlivosti spínacího přístroje ITM 21A SEZ Krompachy byl vybrán trojfázový jistič **PR63 SEZ Krompachy 20A** s charakteristikou B a zkratovou odolností 10kA. Vypínací charakteristika, tabulka parametrů a tabulka vypínací charakteristiky viz příloha. Datum výroby dle popisu jističe je 30. 10. 2009. Jistič nebyl doposud v provozu.

obr. PR63 16A SEZ Krompachy [5]

(Ilustrativní foto)



### Technické údaje:

Jmenovitá frekvence: 50-60Hz

Vypínací schopnost: 10kA

Třída selektivity : 3

Elektrická trvanlivost spínacích cyklů: 4 000

Mechanická trvanlivost spínacích cyklů: 100 000

Krytí: IP20, IP40 (z čela)

Teplota okolí: -25 až 55°C

Pracovní poloha: libovolná

Odolnost proti vibracím: 3g (8-50Hz)

Schváleno: ESS, ESČ, VDE [5]



## Naměřené hodnoty PR63 20A

Tab. 3. Měření úbytků napětí

fáze	U[mV]			I[ A]
	za studena	za tepla (3min.)	za tepla (10min.)	
L1	70	130	135	20
L2	70	75	128	
L3	70	130	125	

Tab. 4. Měření doby vypnutí nadproudu

čas vypnutí [s]	nadproud [A]
14	43

## 4. Rozbor dosažených výsledků

**Impedance** proudovodných částí ITM 21A (výpočet proveden z hodnot úbytků napětí za t=10min.)

Z Ohmova zákona:

$$Z = \frac{\Delta U}{I} = \frac{0,380}{21} = 0,018 \, \Omega$$

$$L1 = 0,018 \, \Omega \quad L2 = 0,0107 \, \Omega \quad L3 = 0,0133 \, \Omega$$

Z uvedeného grafu impedance pro jističe ITM 21A vyplývá, že změřená impedance jednotlivých fází se pohybuje nad únosnými mezemi povolených hodnot.

$$0,018 \, \Omega > 0,009 \, \Omega \text{ (dle ITM 21A)}$$

$$0,018 \, \Omega > 0,0063 \, \Omega \text{ (dle PR63 20A)}$$

**Ztrátový výkon ITM 21A:**

$$\Delta P = R \cdot I^2 \quad \Delta P = 0,018 \cdot 21^2 = 7,24 \, \text{W}$$

$$L1 = 7,24 \, \text{W} \quad L2 = 4,28 \, \text{W} \quad L3 = 5,32 \, \text{W}$$

Na fázi L1 je ztrátový výkon největší ze všech fází. Ztrátový výkon je **dvoj až trojnásobný** v porovnání s novým jističem.

$$7,24 \, \text{W} > 2,5 \, \text{W} \text{ (dle hodnot PR63 20A)}$$

**Vypínací schopnost ITM 21A:**

Z vypínací charakteristiky jističe typu IJM 0,3-9A a 10-25A je vidět, že změřená doba vypnutí  $t = 30 \text{ sek.}$  jističe ITM 21A při nadproudu  $2 \times 21 = 42 \text{ A}$  se nachází nad uvedenou mez doby vypnutí  $t = 8$  až  $15 \text{ sek.}$  Jistič nevyhovuje požadavku na dobu včasného vypnutí nadproudu.

$$30 \, \text{sek.} > 15 \, \text{sek.} \text{ (dle vypínací char. ITM 21A)}$$

## Závěr

Měření na jističi ITM 21A SEZ Krompachy nám názorně ukazuje změnu parametrů, na které působily po dobu provozu některé faktory, mající obecně na spolehlivost jističe podstatný vliv. Mezi tyto faktory patří celková délka a způsob provozu, dále pak četnost vypínání a spínání jističe, hodnota proudového zatížení a samozřejmě prostředí, ve kterém je umístěn. Všechny tyto vlivy působily také na měření jističů a z měření vyplývá, že **jistič typ ITM 21A se dále nedoporučuje používat k ochraně el. zařízení** a to z důvodu nevyhovujících parametrů. Jistič ITM 21A SEZ Krompachy byl nejen proměřen, ale jeho parametry byly porovnány s parametry nového jističe, patřící do typové řady jističů SEZ Krompachy a.s. Jistič vykazuje odchylky nejen v oblasti ztrátového výkonu  $\Delta P$  (dvojnásobně až trojnásobně větší), ale co se týče vypínací charakteristiky je doba vypnutí dvojnásobně delší než je krajní mez vypnutí tohoto jističe. Příčin zvýšení ztrátového výkonu může být hned několik: zmenšení přitlačné síly  $F$  pružiny způsobuje **zvětšení stykového odporu**, dále to mohou být cizí vrstvy (zvyšují hodnoty přechodového **odporu**) nacházející se na povrchu kontaktů. Tyto cizí vrstvy mohou mít původ **chemický** např. oxidy (ale i jiné sloučeniny) vytvářející se vlivem okolního prostředí anebo mechanický tvořený mastnotami a nečistotami. U všech kontaktů můžeme pozorovat, že stykový odpor s časem narůstá, což je způsobeno nárůstem cizích vrstev místě styku. S nárůstem vrstvy v místě styku se zvětšuje stykový odpor, a tím se současně zvětšuje úbytek napětí i teplota místa styku. Po dosažení teploty měknutí materiálu se zvětší deformace místa styku, což vede k rozrušení vrstvy a zlepšení kovového styku. Napětí při němž dochází k tomuto jevu, nazýváme **napětí měknutí  $U_{SM}$** . Při dalším zvýšení teploty dochází až k tavení materiálu v místě styku. To se opět projeví změnou struktury styku a dalším zmenšením  $R_s$ . Jakmile začne teplota místa styku klesat, roztavený kov ztuhne. Pak už jde o kontakty navzájem svařené. Je-li síla svaření větší než síla, která zajišťuje oddálení kontaktů, dochází k narušení činnosti vypínače (v tomto případě jističe). Napětí, při kterém dochází k tomuto jevu se nazývá **napětí svaření  $U_{SS}$**  a společně s napětím měknutí patří mezi důležité parametry konstruktéra přístrojů.[3]

Vzhledem k nerozebiratelnosti měřených jističů, nebylo možné provádět měření přímo na kontaktech jednotlivých fází a nelze tak vyloučit negativní vliv ostatních částí proudovodné dráhy na zhoršené parametry jističe. Jak již bylo zmíněno, odpor proudovodné dráhy je tvořen odpory připojovacích svorek, bimetalu, vinutí zkratové spouště a můstkového kontaktu. Z tohoto důvodu je do měření zaváděna určitá nepřesnost. Tato nepřesnost by se ovšem dala přinejmenším minimalizovat použitím tzv. poměrové metody, při níž se měření na novém jističi stanoví procentuelní vliv odporu kontaktního ústrojí na celou proudovodnou dráhu. Poté se tento procentuelní vliv aplikuje na naměřená data staršího jističe a následně se vyhodnotí jeho odpor kontaktního ústrojí.

Parametrů, které se posuzují a pro konstruktéra přístrojů hrají důležitou roli, je podstatně více, ale z hlediska omezeného rozsahu bakalářské práce je zde není možné uvádět a ani je zde rozebírat. Je však možné je uvést a podrobněji rozebrat v další práci, která by se jim věnovala.

## Literatura:

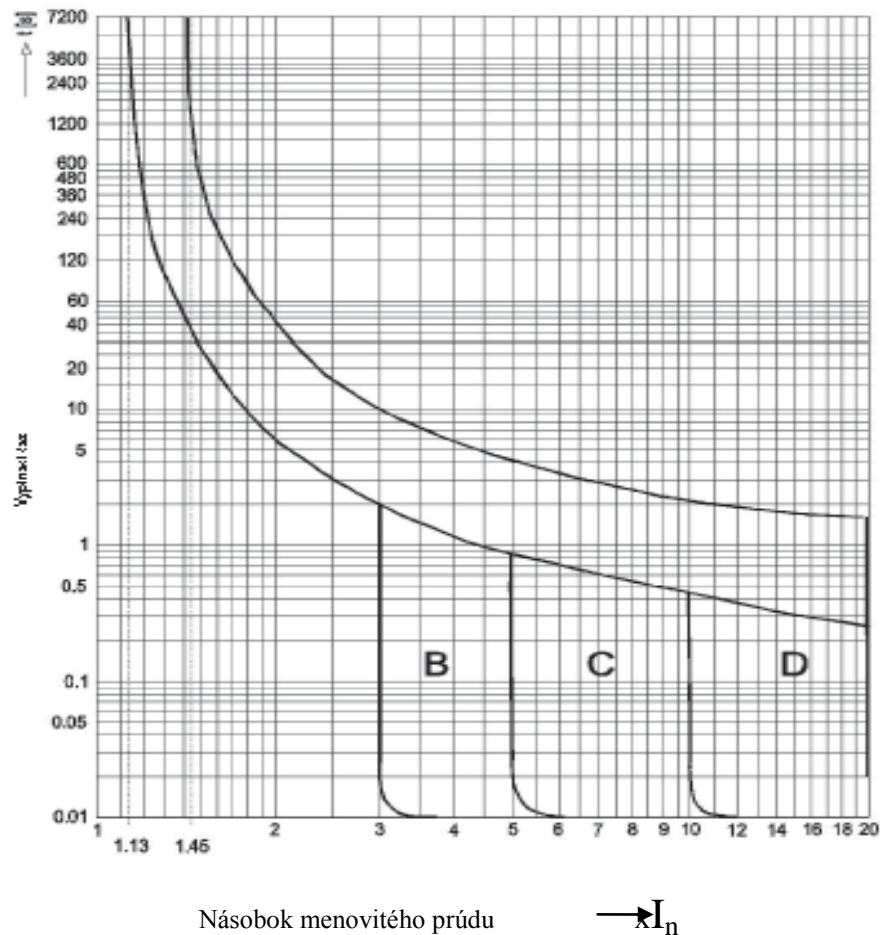
- [1] **A. Mykiska:** *Spolehlivost technických zařízení*, vyd.1, Česká společnost pro jakost, Praha 1991
- [2] **R. Leit:** *Spolehlivost elektrotechnických systémů*, vyd.1, SNTL, Praha 1990, 287 s.
- [3] **O. Havelka a kolektiv:** *Elektrické přístroje*, vyd.1, SNTL /ALFA, Praha 1985, 440 s.
- [4] **B. K. Bul' a kolektiv:** *Elektrické přístroje/Základy teorie*, SNTL, Praha 1977, 538 s.
- [5] **SEZ Krompachy a.s.:** *Modulárne prístroje Ističe PR60*  
URL: < <http://www.sez-krompachy.sk/index.php?ids=4> > [cit. 2010-24-01]
- [6] **J. Karol:** *Archív SEZ Krompachy*
- [7] **OEZ Letohrad s.r.o.:** *Základní katalog-3286-Z01/09*  
URL: <<http://www.oez.cz/produkty/lpn>>
- [8] **R. Holm:** *Electric contacts handbook*, Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg 1958
- [9] **ČSN 33 2000-5-51:** *Výběr a stavba elektrických zařízení-Všeobecné předpisy*, 2010

## Přílohy:

### 1.) Vypínací charakteristiky jističů řady PR60 (SEZ Krompachy) ) [5]

$I_n \geq 10A$

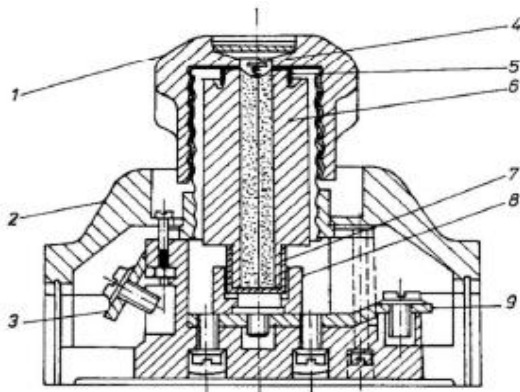
Charakteristiky B,C,D STN EN 60 898



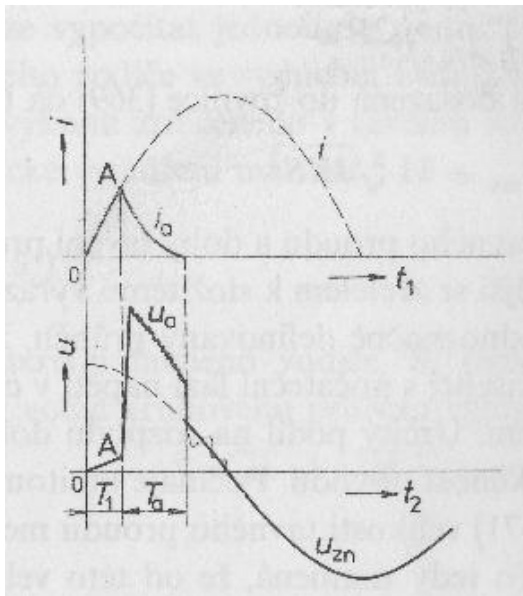
### 2.) Závitová pojistka pro domovní rozvody malého příkonu ) [3]

1 Hlavice, 2 spodek, 3 přívod, 4 terčík ukazovatele stavu,

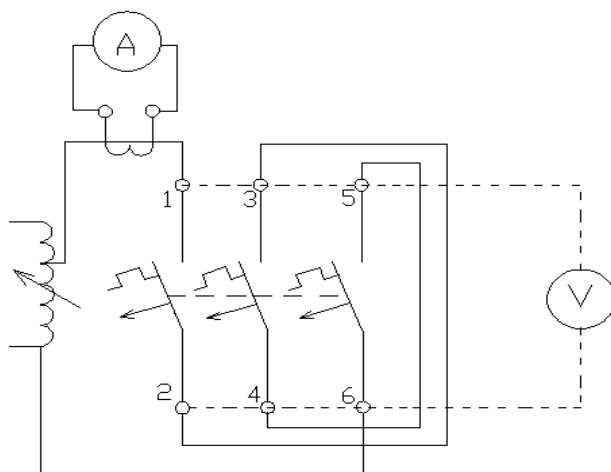
5 víko vložky, 6 vložka, 7 patka vložky, 8 vymežovací kroužek, 9 přívod



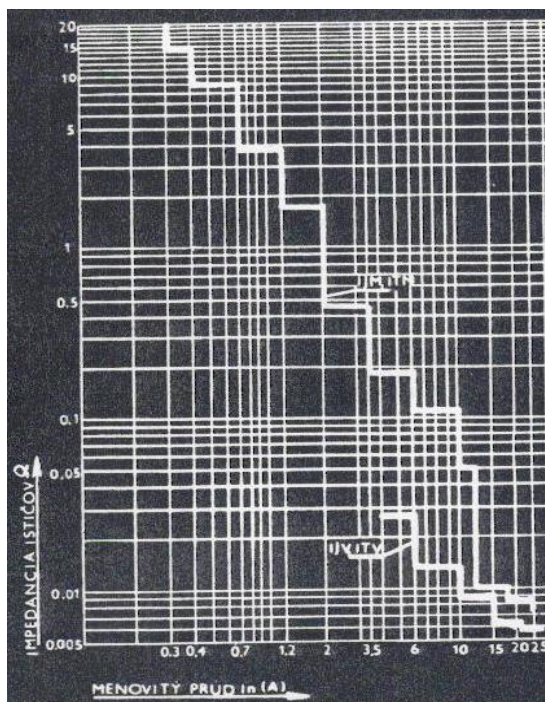
**3.) Průběh proudu a napětí při přerušování střídavého proudu pojistkou-Omezovací charakteristika [3]**



**4.) Schéma zapojení měřeného obvodu**



5.) Graf impedance jističů ITM,ITN,IJV,ITV ) [6]



6.) Tabulka vypínacích proudů motorových jističů IJM (ČSN 35 4171-61,čl. 208) [6]

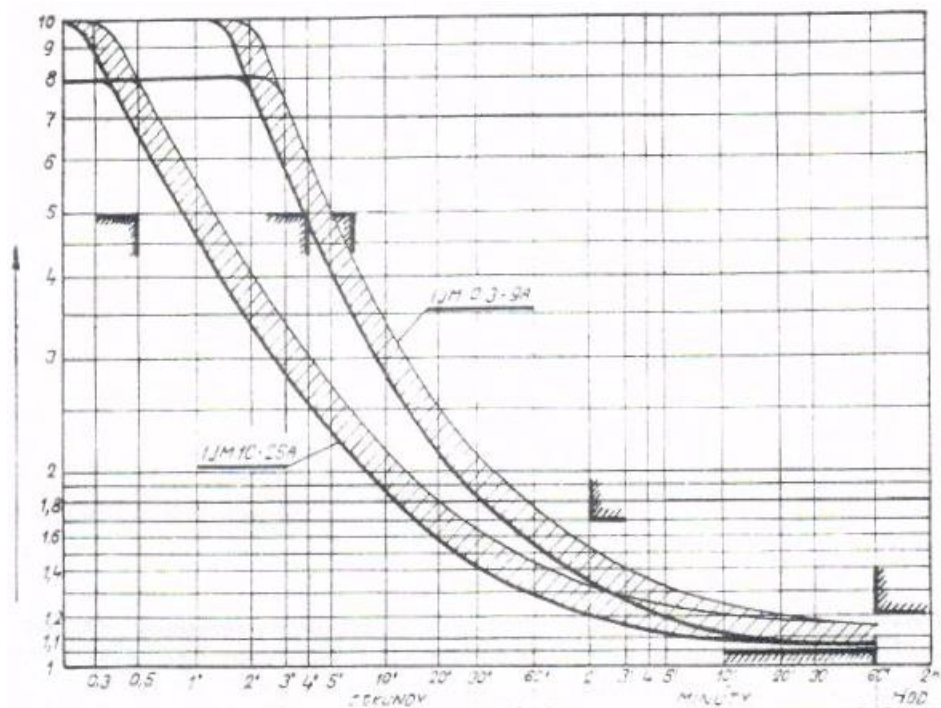
Jmenovitý proud $I_n$ [A]	$I/I_n$ 0,3- 25A	Jistič nesmí vypnout	Jistič musí vypnout
Při zatížení proudem	1,05x $I_n$	do 2 hod.	/
	1,2x $I_n$	/	do 1 hod.
	1,7x $I_n$	/	do 120 sek.
	5x $I_n$	do 0,5 sek.(rychlá char.)	/
		do 4 sek. (pomalá char.)	
	8- 10x $I_n$	/	do 0,2 sek.

Rychlá charakteristika:IJM 10-25A

Pomalá charakteristika:IJM do 10A

Zkouška 1,05 až 1,7 x $I_n$  se provádí za prac. teploty (jistič je předehříván  $I_n$  po dobu 1 hodiny)

7.) Typická vypínací charakteristika jističe typu IJM 0,3-9A a 10-25A [6]



8.) Tabulka parametrů PR63 20A [5]

Vnútorné impedancie, straty, impedancia slučky a korekcia menovitých prúdov ističov PR 60.

M. prúd	Vnútorná impedancia		Straty na ističi		Maximálna impedancia poruchovej slučky			Korekcia menovitých prúdov pre teplotu okolia od -20°C do +60°C.								
$I_n$ (A)	$Z$ (mΩ)	$Z$ (mΩ)	P (W)	P (W)	$Z$ (Ω)			$I_{kr}$ (A)								
	char.B,C,D	char.M	char.B,C,D	char.M	char.B	char.C	char.D,M	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
20	6,3		2,5		2,3	1,3	0,7	24,2	23,6	22,8	22,0	21,0	20	18,6	17,6	16,7

9.) Tabulka vypínací charakteristiky PR60 20A [5]

Vypínacia charakteristika	tepelná spúšť skúšobný prúd		vypínací čas $t$ (hod)	elektromagnetická spúšť skúšobný prúd		vypínací čas $t$
	$I_1$	$I_2$		$I_4$	$I_5$	
B	$1,13 \cdot I_n$		$\geq 1$	$3 \cdot I_n$		$\geq 0,1$ s
		$1,45 \cdot I_n$	$< 1$		$5 \cdot I_n$	$< 0,1$ s

Charakteristiky B, C, D:	Pre $I_3 = 2,55 \cdot I_n$ platí:	pre $I_n \leq 32$ A	$1$ s $< t < 60$ s	pre $I_n > 32$ A	$1$ s $< t < 120$ s
--------------------------	-----------------------------------	---------------------	--------------------	------------------	---------------------